Aus dem physiologischen Institut der Universität Marburg.

Über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im gedehnten und ungedehnten Muskel.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

der

hohen medizinischen Fakultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Karl Ernst Hieronymus,
approb. Arzt aus Cassel.

Marburg 1913.
Druck von R. Oldenbourg in München.

Aus dem physiologischen Institut der Universität Marburg.

Über die Geschwindigkeit der Erregungsleitung im gedehnten und ungedehnten Muskel.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

der

hohen medizinischen Fakultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Karl Ernst Hieronymus,
approb. Arzt aus Cassel.

Marburg 1913.
Druck von R. Oldenbourg in München.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 12. XI. 12.

Referent: Herr Geh. Rat Prof. Dr. Schenck.

Erscheint gleichzeitig in der „Zeitschrift für Biologie“. Bd. 60.

Vor kurzem erschien eine Arbeit von Paul Hoffmann[1]), in der er das Ergebnis von Versuchen, die er über die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung im quergestreiften Muskel bei Kontraktion und Ruhe angestellt hat, mitteilte. Er fand, daß die Erregung durch ein und denselben Abschnitt des kontrahierten Muskels schneller hindurchgeht, als wenn dieser Abschnitt erschlafft ist. »Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Muskel bleibt also auf cm-Muskellänge berechnet in jeder Phase der Kontraktion bei jeder Länge des Muskels und bei jeder Spannung die gleiche. Sie ist nur abhängig von der Temperatur und dem Erhaltungszustande des Muskels.« Dies Ergebnis steht in einem gewissen Widerspruch zu den Ergebnissen, die Feser[2]) unter Leitung von Prof. Schenck gefunden hat. Feser fand nämlich,

1) Paul Hoffmann, Über die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung im quergestreiften Muskel bei Kontraktion und Ruhe. Zeitschr. f. Biol. 1912, Bd. 59 Heft 1.

2) Albert Feser, Über den Einfluß der Spannung auf den zeitlichen Verlauf der Kontraktionswelle des Muskels. Inaug.-Dissert. Würzburg 1896.

daß der Reiz durch ein und dasselbe Muskelstück unter sonst gleichen Umständen in der gleichen Zeit geleitet wird, einerlei ob der Muskel gedehnt oder ungedehnt ist. Auch Hoffmann war auf diesen Widerspruch gestoßen und glaubt ihn dadurch erklären zu sollen, daß die Methodik bei den Feser schen Versuchen nicht hinreichend genau gewesen sei.

Von vornherein ist der Schluß Hoffmanns nicht ohne weiteres berechtigt. Er hat gefunden, daß bei Kontraktion des Muskels Abnahme der Leitungszeit stattfindet. Feser hat nur an künstlich gedehnten Muskeln gearbeitet. Es wäre nun möglich, daß die anscheinenden Widersprüche auf prinzipiellen Verschiedenheiten beruhen könnten. Es könnten hierbei allerhand Momente in Betracht kommen. Um irgend etwas zu nennen, wäre an die Möglichkeit zu denken, daß bei der Tätigkeit des Muskels eine Abnahme der Alkaleszenz und dadurch eine Änderung der Leitfähigkeit eintreten könnte. Anderseits könnten vielleicht physikalische Ursachen verantwortlich gemacht werden; so wäre es möglich, daß in der leitenden Substanz bei verschiedenen Kontraktionszuständen eine Änderung des Wassergehalts stattfände.

Mithin schien es nicht überflüssig, die seinerzeit auf Schencks Veranlassung angestellten Versuche Fesers von neuem nachzuprüfen, um festzustellen, ob tatsächlich die Methode Fesers unzureichend war und ob das von Hoffmann am kontrahierten Muskel gefundene Ergebnis auch für den künstlich gedehnten Muskel zutrifft. Es mußten deshalb die alten Feser schen Versuche mit verschiedenen, womöglich besseren Methoden nachgeprüft werden. Ich wandte hierzu drei prinzipiell verschiedene Versuchsanordnungen an.

I. Versuchsanordnung.

Diese Versuchsanordnung lehnt sich ganz an die Versuche Hoffmanns an. Die Methode besteht darin, daß das Ankommen des Reizes durch Registrierung des Aktionsstromes mit dem Saitengalvanometer bestimmt wurde. Es wurden mit Hoffmanns Methode die Feser schen Versuche nachgeprüft. Auch

wurden die beiden verschiedenen Arten der Messung, die Hoffmann gebraucht hat, angewandt.

Nach der ersten Methode wurde der Muskel an einem Ende gereizt, am andern Ende wurden die Ableitungselektroden zum Saitengalvanometer angelegt. Der Abstand zwischen Reizelektroden und Ableitungselektroden stellt dann die zu messende Wegstrecke dar. Der Reizmoment wurde in derselben Weise wie bei Hoffmann bestimmt. Durch Öffnung des primären Stromes wurde gleichzeitig eine Induktionswirkung auf den Galvanometerkreis ausgeübt. Nach der zweiten Methode wurden die Reizelektroden an das eine Ende des Muskels gelegt, die Ableitungselektroden dagegen möglichst weit auseinander. Der Abstand der Ableitungselektroden voneinander ist dann die Wegstrecke, die gemessen wird. In den Kurven wurde der Abstand der Gipfel beider Phasen gemessen. Bei beiden Methoden wurden die Aktionsstromkurven mit dem Einthovenschen Saitengalvanometer registriert.

Sämtliche Untersuchungen wurden am frisch präparierten Musculus sartorius des kurarisierten Frosches angestellt. Es wurde von uns nur ein Muskel bei jedem Versuch verwandt. Während Feser den Muskel auf eine horizontale Glasplatte legte, an einem Ende fixierte und am andern Ende durch ein über eine Rolle laufendes Gewicht dehnte, wurden von uns die Versuche in folgender Weise vorgenommen: Der Muskel wurde an einem Ende an einem Faden befestigt und an einem Stativ fest aufgehängt. Das andere herunterhängende Ende des Muskels wurde an einem 10 cm langen einarmigen Hebel, etwa 2 cm von der Achse entfernt, befestigt. Durch Anhängen von Gewichten wurde eine Dehnung des Muskels bewirkt. Die Gewichte wurden nahe der Achse am Schreibhebel aufgehängt, um Schleuderungen zu vermeiden. Die Größe der Gewichte wurde durch Berechnung und Versuch so gewählt, daß die Belastung des Muskels die unten beschriebenen Werte betrug. Mit Hilfe des Schreibhebels, der an dem Muskel befestigt war, wurde die Längenkurve des Muskels als Schatten registriert. Die Zeitschreibung wurde durch Episkotister und Lichtblitze nach Garten und gleichzeitige Kontrolle einer

Jacketschen Uhr vorgenommen. Die Aktionsstromkurven wurden mit Hilfe einer Quarzsaite registriert. Die Versuche wurden bei den verschiedensten Temperaturen (5° bis 18° C) ausgeführt.

Es wurde bei sämtlichen Versuchen, die nach diesen beiden Methoden angestellt wurden, eine Zunahme der Leitungszeit bei zunehmender Dehnung des Muskels gefunden. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche sollen in Form von Tabellen wiedergegeben werden.

Die Tabellen sind aus den Kurven, die bei den verschiedenen Temperaturen aufgenommen worden sind, berechnet worden.

Der erste Stab gibt den Grad der Belastung durch die Gewichte, der zweite die Elektrodendistanz an. Der dritte Stab gibt die Leitungszeit in Sekunden an, im vierten Stab ist die Zunahme der gemessenen Wegstrecke, im fünften Stab die Zunahme der Leitungszeit in Prozenten ausgedrückt.

I. Versuch.

II. Methode. Zimmertemperatur.

Nr.	Belastung des Muskels g	Elektrodendistanz mm	Leitungszeit in Sekunden	Verlängerung der gemessenen Wegstrecke in %	Zunahme der Leitungszeit in %
1	2	16,92	0,0190	—	—
2	5	17,84	0,0193	5,43	1,6
3	10	18,76	0,0212	10,87	11,6
4	20	19,69	0,0224	16,31	17,9

II. Versuch.

II. Methode. Zimmertemperatur.

Nr.	Belastung des Muskels g	Elektrodendistanz mm	Leitungszeit in Sekunden	Verlängerung der gemessenen Wegstrecke in %	Zunahme der Leitungszeit in %
1	0	16	0,0106	—	—
2	2	16,92	0,0114	5,6	7,54
3	5	17,84	0,0117	11,5	10,37
4	10	18,76	0,0127	16,5	19,9
5	20	19,68	0,0136	23	28,3

III. Versuch.

I. Methode. Temperatur 5,5° C.

Nr.	Belastung des Muskels g	Elektrodendistanz mm	Leitungszeit in Sekunden	Verlängerung der gemessenen Wegstrecke in %	Zunahme der Leitungszeit in %
1	0	23	0,0203	—	—
2	2	24	0,0237	4,35	16,2
3	5	25	0,0240	8,7	18,2
4	10	26	0,0243	13	19,7
5	20	26,5	0,0247	15,2	21,6
6	40	27	0,0247	17,4	21,6

IV. Versuch.

I. Methode. Temperatur 12,5° C.

Nr.	Belastung des Muskels g	Elektrodendistanz mm	Leitungszeit in Sekunden	Verlängerung der gemessenen Wegstrecke in %	Zunahme der Leitungszeit in %
1	0	27	0,0157	—	—
2	2	28,5	—	5,5	—
3	5	30,5	0,0172	12,9	9,5
4	10	31,5	0,0175	16,6	11,4
5	20	32,1	—	18,9	—
6	40	32,5	0,0178	20,4	14,8

V. Versuch.

II. Methode. Temperatur 11,8° C.

Nr.	Belastung des Muskels g	Elektrodendistanz mm	Leitungszeit in Sekunden	Verlängerung der gemessenen Wegstrecke in %	Zunahme der Leitungszeit in %
1	0	20,5	0,0264	—	—
2	2	23	0,0288	12,1	9,1
3	5	24	0,0289	17	9,4
4	10	24,5	0,0297	19,5	12,5
5	20	25	0,0311	21,9	17,8

Um die Resultate übersichtlicher zu machen, sollen die Versuche in Form von Diagrammen wiedergegeben werden. Die Nummern der Versuche entsprechen den Nummern in den Tabellen. Die ausgezogenen Linien bezeichnen die gemessene Wegestrecke, die punktierten Linien die Leitungsgeschwindigkeit.

I. Versuch.

Belastung in g	0	2	5	10	20
Nr.	1	2	3	4	5

III. Versuch.

	0	2	5	10	20	40
	1	2	3	4	5	6

II. Versuch.

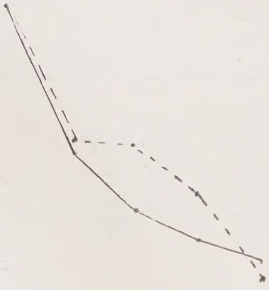
Nr.	1	2	3	4	5

IV. Versuch.

	1	2	3	4	5	6

V. Versuch.

Nr.	1	2	3	4	5



Für die Abszissen wurde der Maßstab nach rechts hin verkürzt, um die Kurven übersichtlich zu gestalten.
Die Ordinatenrichtung für die Zeit wurde in der Richtung nach abwärts gewählt, wie es auch sonst bei den Dehnungskurven üblich ist.

II. Versuchsanordnung.

Es wurde versucht, mit Hilfe der graphischen Registrierung die Leitungszeit zu bestimmen. Da eventuelle Unterschiede vielleicht durch zu langsamen Trommelgang entstehen können, wurde ein schnellerer Trommelgang gewählt. Die Versuche wurden am Musculus sartorius des kurarisierten Frosches angestellt.

Die Aufstellung war folgendermaßen: Der Muskel wurde mit einem Faden an dem einen Arm eines zweiarmigen Schreibhebels, nicht sehr weit von der Achse entfernt, aufgehängt. Der Schreibhebel diente zur Registrierung der Kurven auf dem in schneller Drehung sich befindlichen Zylindermyographion. Die Reizelektroden wurden am untern Ende angelegt. Das Ankommen des Reizes am andern Ende wurde nicht, wie bei Feser, durch Verdickung des Muskels zur Verzeichnung gebracht, sondern in folgender Weise: Der oberste Teil des Muskels wurde von dem übrigen Muskel durch eine Klemmvorrichtung nach Schenck mechanisch isoliert. Die Klemme ist folgendermaßen gebaut: Gegen die Schiene *A* (Fig. 1) kann die Schiene *B* durch eine Mikrometerschraube festgestellt werden. Um einerseits ein Quetschen des Muskels, anderseits ein Durchgleiten des Muskels zu verhindern, sind auf der Schiene *A* Riefen eingefeilt, die Schiene *B* ist mit einer Gummiplatte belegt. Durch die Mikrometerschraube werden die beiden Schienen so fest aneinandergeschraubt, daß der dazwischenhängende Muskel nicht mehr gegen das untere Ende verzogen werden kann, ohne daß jedoch eine Zerquetschung und damit eine Leitunfähigkeit entsteht. Die Erregung kann sich demnach von dem untern Teil auf den isolierten oberen Teil des Muskels fortsetzen. Der Schreibhebel, der mit dem oberen Teil des Muskels in Verbindung steht, registriert nur die Kontraktionen des oberen Muskelabschnittes.

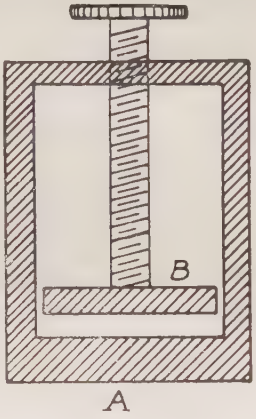


Fig. 1.

An das untere Ende des Muskels wurden die Gewichte, durch die der Muskel gedehnt wird, aufgehängt.

Es wurden mit dieser Methode eine Reihe von Versuchen vorgenommen. Die Resultate waren jedoch nicht eindeutig, da es sehr schwer ist, bei sehr schnellem Trommelgang den Beginn der Abhebung der Kurve von der Nullinie sicher zu bestimmen. Wurde ein langsamer Trommelgang gewählt, so ist der Knick in der Kurve zwar sehr deutlich zu erkennen, jedoch sind die Unterschiede der Latenzzeiten zu klein, als daß sie berechnet werden könnten.

Die Resultate schienen zwar auf eine Zunahme der Leitungszeit bei zunehmender Dehnung des Muskels hinzuweisen, doch sehe ich von einer Veröffentlichung derselben aus oben angegebenen Gründen ab.

Auch bei den Feserschen Versuchen hatten sich die angegebenen Schwierigkeiten ergeben.

Das Abheben der Kurven aus der Nullinie war so wenig scharf, daß es nicht direkt zur Bestimmung der Latenzzeit verwandt werden konnte.

Es wurde daher der Ausweg genommen, daß nur die Kurven verwertet wurden, bei denen der Anstieg ein kongruenter war. War die Leitungszeit bei der Dehnung des Muskels dieselbe geblieben, so mußten die Kurven zusammenfallen. War dagegen eine Vergrößerung der Leitungszeit eingetreten, so mußten sie parallel hintereinander zu liegen kommen.

Es zeigte sich nun, daß in wenigen Fällen die Verdickungskurven genau kongruent zur Verzeichnung kamen.

Da nur diese wenigen Fälle verwertet wurden, muß wohl ein jetzt nicht mehr zu kontrollierender Zufall daran Schuld sein, daß gerade in diesen Fällen die Kurven auch zusammenfielen.

III. Versuchsanordnung.

Um die mit der I. Versuchsanordnung gefundenen Resultate noch durch eine andere Methode nachzuprüfen, wurde die Latenzzeit mit Hilfe des Hippschen Chronoskops bestimmt.

Die Aufstellung ist durch Fig. 2 veranschaulicht:

Der Muskel *m* ist an einem doppelarmigen Hebel aufgehängt. Das obere Ende des Muskels ist auch hier mit der in Versuchsanordnung II beschriebenen Klemmvorrichtung von dem unteren Teil des Muskels isoliert.

An das untere Ende des Muskels werden die Gewichte, die den Muskel dehnen sollen, gehängt. Die Reizelektroden sind an das untere Ende des Muskels angelegt und führen zur sekundären Rolle. Zwischen den Muskel und die sekundäre Spule ist ein Kurzschlußschlüssel *D* geschaltet.

An dem andern Hebelarm des doppelarmigen Hebels befindet sich ein Platinkontakt *K*, der durch die Schraube *S* auf feinste Berührung eingestellt werden kann. Von dem Kontakt *K* führt ein Draht zu dem Akkumulator I

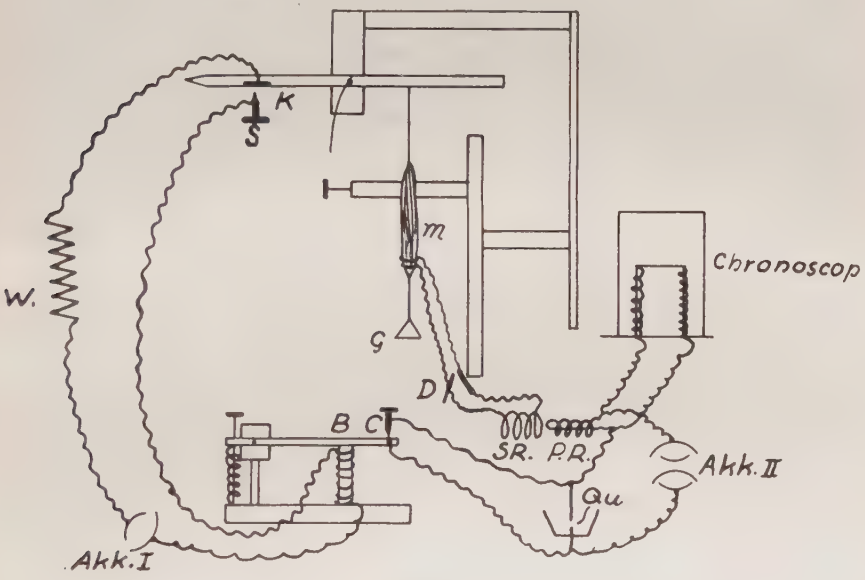


Fig. 2.

und von da zu einem Elektromagneten; die zweite Klemme des Elektromagneten führt nach dem Platinkontakte zurück. In den Stromkreis ist noch ein Widerstand *W* eingeschaltet. Der Widerstand ist so gewählt, daß der Elektromagnet imstande ist, bei Stromschluß den heruntergedrückten Anker *B* festzuhalten. Der Elektromagnet ist jedoch nicht imstande, den von einer Feder gespannten Anker selbsttätig anzuziehen, sobald der Strom geschlossen und dadurch das Eisen magnetisch wird. Von einer zweiten Stromquelle (Akkumulator II) führt ein Verbindungsdraht zu dem Quecksilberschlüssel *Qu*; dieselbe Klemme des Quecksilberschlüssels *Qu* ist verbunden mit dem Kontakt *C*. Von der zweiten Klemme des Quecksilberschlüssels führen Drähte zu der zweiten Klemme des Kontaktes *C* und zur primären Spule. Von der zweiten Klemme der primären Spule geht der Strom zum Akkumulator II zurück. Die beiden Klemmen der primären Spule stehen außerdem noch mit den beiden Klemmen des Chronoskopmagneten in Verbindung.

Ausführung des Versuchs:

Durch Schluß des Kontaktes *K* ist der Elektromagnet magnetisch geworden und hält den mit der Hand heruntergedrückten Anker *B* fest. Der Quecksilberschlüssel *Qu* ist geschlossen: hierdurch ist der Stromkreis, in den das Chronoskop eingeschaltet ist, geschlossen: die Zeiger des in Gang gesetzten Uhrwerkes stehen still. Hierauf wird der Kurzschlußschlüssel *D* geöffnet. Beim Öffnen des Quecksilberschlüssels *Qu* wird der Stromkreis, in den das Uhrwerk eingeschaltet ist, unterbrochen: die Zeiger des Uhrwerkes beginnen zu laufen; zweitens wird gleichzeitig ein Induktionsstrom in der sekundären Rolle erzeugt, und es erfolgt eine Reizung des Muskels und Zuckung desselben. Durch die Zuckung des Muskels wird der Kontakt *K* geöffnet; hierdurch wird der Stromkreis des Akkumulators I unterbrochen: der Elektromagnet verliert seinen Magnetismus und läßt den Anker *B* los. Es erfolgt jetzt durch Schließung des Kontaktes *C* wieder ein Stromschluß in dem zweiten Stromkreis, wodurch die Zeiger des Urwerkes wieder zum Stehen gebracht werden.

Es wurde auf diese Weise eine Reihe von Versuchen angestellt, in denen die Zeit bestimmt wurde, die verging vom Moment der Öffnung des Quecksilberschlusses bis zum Eintritt der Zuckung des oberen Muskelendes. Diese Zeiten bedeuten natürlich nicht die absoluten Leitungszeiten, da die Latenz der verschiedenen Elektromagnete in Abzug gebracht werden muß. Es kam uns nur darauf an, zu bestimmen, wie groß die ev. Zunahme der Leitungszeit bei Dehnung des Muskels ist. Da die Latenzzeit der Elektromagnete, Hebel usw. immer als gleich anzunehmen ist, so bedeuten die Unterschiede, die gefunden wurden, direkt die Zunahme der Leitungszeit.

Die Versuche wurden abwechselnd an ungedehnten und an gedehnten Muskeln vorgenommen; bei einigen Versuchen wurde mit dem ungedehnten Muskel angefangen, bei den übrigen mit den gedehnten Muskeln.

Die untenstehenden Tabellen geben die Zeiten an, die abgelesen wurden. Als Länge des Muskels ist der Abstand von der oberen Reizelektrode bis zur Klemme gemessen worden.

I. Versuch.

Länge des unbelasteten Muskels: 15 mm. Leitungszeit: 37 σ, 32 σ, 40 σ, 35 σ. Durchschnitt: 36 σ.

Länge des belasteten Muskels: 22 mm. Leitungszeit: 44 σ, 48 σ, 44 σ, 44 σ. Durchschnitt: 45 σ.

Also bei Zunahme der Wegstrecke um 7 mm:
Zunahme der Leitungszeit um 9 σ.

Länge des unbelasteten Muskels: 17 mm. Leitungszeit: 47 σ, 42 σ, 42 σ, 48 σ. Durchschnitt: 42,2 σ.

Also Abnahme der Wegstrecke: 5 mm.
Abnahme der Leitungszeit: 2,8 σ.

II. Versuch.

Länge des belasteten Muskels: 22 mm. Leitungszeit: 45 σ, 47 σ, 49 σ, 50 σ, 49 σ. Durchschnitt: 46,8 σ.

Länge des unbelasteten Muskels: 17 mm. Leitungszeit: 44 σ, 45 σ, 41 σ, 43 σ, 38 σ. Durchschnitt: 42,2 σ.

Also: Abnahme der Wegstrecke: 5 mm.
Abnahme der Leitungszeit: 4,6 σ.

Länge des belasteten Muskels: 23 mm. Leitungszeit: 51 σ, 49 σ, 49 σ, 47 σ, 48 σ. Durchschnitt: 48,8 σ.

Also: Zunahme der Wegstrecke: 6 mm.
Zunahme der Leitungszeit: 6,6 σ.

III. Versuch.

Länge des belasteten Muskels: 20 mm. Leitungszeit: 31 σ, 31 σ, 35 σ, 31 σ. Durchschnitt: 32 σ.

Länge des unbelasteten Muskels: 16 mm. Leitungszeit: 27 σ, 29 σ, 28 σ, 28 σ. Durchschnitt: 28 σ.

Also: Abnahme der Wegstrecke: 4 mm.
Abnahme der Leitungszeit: 4 σ.

IV. Versuch.

Länge des belasteten Muskels: 21 mm. Leitungszeit: 30 σ, 32 σ, 31 σ, 32 σ. Durchschnitt: 31 σ.

Länge des unbelasteten Muskels: 16 mm. Leitungszeit: 26 σ, 28 σ, 30 σ, 28 σ, 28 σ, 29 σ. Durchschnitt: 28 σ.

Also: Abnahme der Wegstrecke: 5 mm.
Abnahme der Leitungszeit: 3 σ.

Die durch die eben geschilderte Methode gewonnenen Resultate stehen in recht guter Übereinstimmung mit denen, die nach der ersten Methode gewonnen wurden.

Zusammenfassung.

Die Versuche haben also ergeben, daß mit Hilfe der von Hoffmann angegebenen Methode und mit Hilfe der Bestimmung der Latenzzeit durch das Chronoskop nachgewiesen worden ist, daß bei der künstlichen Dehnung des Muskels die Zeit, die der Reiz braucht, um von einem Ende des Muskels zum andern Ende desselben zu gelangen, entsprechend der Dehnung zunimmt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Schenck für die gütige Übernahme des Referates dieser Arbeit und die freundliche Überlassung des Materials sowie Herrn Professor Dr. Lohmann für die liebenswürdige Unterstützung bei Anfertigung der Arbeit meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Zusatz bei Korrektur. Erst nachdem die in der Überschrift angeführte Arbeit im Druck fertig gestellt war, wurde mir die Arbeit von Seemann zugängig: »Über die Erregungsleitung im Froschherzen.«[1]) In dieser Arbeit berichtet Seemann u. a. über Versuche, die analog den von mir unter Versuchsanordnung I beschriebenen angestellt sind. Seemann kommt dabei zu denselben Resultaten wie ich.

Ich möchte mich bei dieser Gelegenheit zu zwei Punkten der Ausführungen Seemanns äußern.

1. Seemann nimmt an, daß die früheren Versuche Schencks und Fesers an nicht kurarisierten Fröschen gemacht seien. Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Professor Schenck ist das ein Irrtum. Selbstredend sind alle Frösche kurarisiert gewesen, wie ja auch wohl aus der Größe des Latenzstudiums in den abgebildeten Kurven zu ersehen ist. Daß der ausdrückliche Hinweis darauf unterblieben ist, erklärt sich wohl daraus, daß es eigentlich selbstverständlich ist, bei derartigen Versuchen nur an kurarisierten Muskeln zu arbeiten.

1) Sonderabdr. a. d. Sitzungsber. d. Gesellschaft f. Morphologie und Physiologie in München 21. XI. 11.

2. Seemann hält es im Prinzip für möglich, daß ein Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle und der Erregungswelle bestehe. Daß dies im vorliegenden Falle nicht so ist, geht aus dem Vergleich meiner Versuche der Reihe I und III hervor Im ersten Falle ist die Geschwindigkeit der Erregungswelle, im zweiten die der Kontraktionswelle gemessen — beide Versuchsreihen führen zu dem gleichen Resultate.

Lebenslauf.

Ich, Karl, Ernst Hieronymus, evangelischer Konfession, wurde am 14. September 1886 als Sohn des Landwirtes Christian Hieronymus und seiner Ehefrau Martha, geb. Hahne, in Breitenbach, Kreis Rotenburg a. d. Fulda, geboren. Meine Schulbildung genoß ich auf der Höheren Bürgerschule in Rotenburg a. d. Fulda und auf dem Realgymnasium in Kassel. Ich verließ Ostern 1904 das Realgymnasium in Kassel mit dem Zeugnis der Reife. Vom Sommersemester 1904 bis Ende des Wintersemesters 1906/07 studierte ich in Marburg, woselbst ich am 7. März 1907 die ärztliche Vorprüfung bestand. Im Sommersemester 1907 und Wintersemester 1907/08 war ich in Straßburg immatrikuliert. Vom Sommersemester 1908 bis Ende des Sommersemesters 1909 studierte ich in Göttingen. Hier bestand ich am 21. Dezember 1909 das ärztliche Staatsexamen.

Meiner Militärpflicht genügte ich vom 1. April 1907 bis 30. September 1907 in Straßburg und vom 1. April bis 30. September 1912 in Marburg.

Als Medizinalpraktikant war ich vom 1. Februar 1910 bis 30. Oktober 1910 am Fürstlich Hohenloheschen Augustkrankenhause in Slawentzitz (Oberschlesien) tätig. Den Rest meines praktischen Jahres erledigte ich vom 1. November 1910 bis 31. Januar 1911 am Knappschaftslazarett in Königshütte (Oberschlesien). Vom 1. Februar 1911 bis 31. März 1912 war ich am Knappschaftslazarett in Königshütte als Assistenzarzt tätig.

Bei folgenden Professoren habe ich Vorlesungen und Kurse gehört: in Marburg: Disse, Gasser, Rorschelt, Kutscher, Lohmann, A. Meyer, Richarz, Schenck, Zincke, Zumstein; in Straßburg: Chiari, Dreyfuß, Ehret, Fehling, Ledderhose, Rose, Stolz, v. Tabora; in Göttingen: Birnbaum, Biberfeld, Braun, Bürkner, Cramer, Doering, Damsch, Heß, v. Hippel, Hirsch, Kaufmann, Lichtwitz, Merkel, Rosenthal, Runge, Salge, Schieck, Waldvogel.